

صحت‌سنجی روابط تعیین بارش مؤثر در مناطق پر باران و کم‌باران ایران (مطالعه موردی: رشت و داران)

شمیم لاریجانی^۱، محمد سالاریان^۲، امین علیزاده^{۳*}، تیمور سهرابی^۴

۱. کارشناس ارشد آبیاری و زهکشی، گروه مهندسی آبیاری و آبادانی دانشگاه تهران، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران

۲. دانشجوی دکتری علوم و مهندسی آب، آبیاری و زهکشی، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه

فردوسی مشهد

۳. استاد گروه علوم و مهندسی آب دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

۴. استاد گروه مهندسی آبیاری و آبادانی دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت ۱۳۹۵/۱۱/۱۰؛ تاریخ تصویب ۱۳۹۶/۰۱/۳۰)

چکیده

با توجه به اهمیت حیاتی آب در زندگی بشر، شناخت دقیق کل باران و همچنین مقدار قابل استفاده یا مؤثر آن به‌منظور برنامه‌ریزی اقتصادی و آب مورد نیاز در صنعت، شرب و کشاورزی ضروری است. شناسایی و به‌کارگیری روشی مناسب برای برآورد بارش مؤثر به‌خصوص در کشت دیم اهمیت دوچندانی دارد. در پژوهش حاضر به‌منظور تعیین مناسب‌ترین روش تجربی برآورد بارش مؤثر در زراعت دیم، از داده‌های آماری بارندگی ۲۰ ساله (۱۹۹۱ تا ۲۰۱۱) برای محصولات گندم، جو، نخود و عدس برای مناطق پر بارش (رشت در استان گیلان) و نیز مناطق کم‌بارش (داران در استان اصفهان) استفاده شده است. در این پژوهش از پنج روش تجربی مختلف تعیین بارش مؤثر از جمله: روش‌های سرویس حفاظت خاک اداره کشاورزی ایالات متحده (SCS)، بارش قابل اطمینان، تجربی، وزارت کشاورزی ایالات متحده (USDA) و درصدی استفاده شده است. نتایج این ارزیابی نشان داده است در رشت همه روش‌های بارش مؤثر در زمینه کشت دیم قابل استفاده هستند، اما در داران، که یک منطقه کم‌باران است، برای استفاده از این روش‌ها لازم است که از قبل واسنجی شوند. نتایج نشان داده است به‌منظور اولویت‌بندی استفاده از روش‌های بررسی شده در این دو منطقه، روش‌های SCS و USDA برای رشت و روش‌های USDA و درصدی برای داران پیشنهاد می‌شود. از آنجا که میزان و زمان ریزش باران قابل کنترل نیست، می‌توان با به‌کارگیری تدابیری میزان کارایی بارش و در نتیجه بارش مؤثر را افزایش داد. از جمله می‌توان به کاهش رواناب سطحی، ذخیره آب برای اوقات کم‌باران، کاهش عمق نفوذ آب و برنامه‌ریزی به‌منظور کشت گونه‌های منطبق بر رژیم بارش اشاره کرد.

کلیدواژگان: بارش مؤثر، تجربی، رواناب، USDA-SCS.

مقدمه

می‌دهد. وی در زمینه بارش مؤثر دو دیدگاه دارد: ۱. بارشی که توسط گیاهان در منطقه ریشه ذخیره می‌شود و ریشه آن را جذب می‌کند و به مصرف گیاه می‌رساند، بارش مؤثر محسوب می‌شود؛ ۲. بارشی که بعد از ریزش، به صورت رواناب سطحی درمی‌آید؛ به زمین نفوذ می‌کند و در دسترس ریشه قرار نمی‌گیرد، به عنوان بارش مؤثر شناخته نمی‌شود. عمق نفوذ آب به بافت خاک و مقدار رطوبت خاک قبل و بعد از بارندگی بستگی دارد. برای محاسبه بارش مؤثر باید مقادیر رطوبت قبل و بعد از بارندگی در دسترس باشد. تساو و همکارانش [۹] در مطالعه‌ای روی شالیزارهای برنج بارش مؤثر روزانه را بر اساس خاک، استفاده آب و مراحل رشد گیاه محاسبه کردند و بارش مؤثر برنامه‌ریزی‌شده را با توجه به احتمال وقوع برای کل دوره رشد برنج ارزیابی کردند. اسمسترلا و همکارانش [۱۰] بارش مؤثر را به روش SCS (سازمان حفاظت خاک آمریکا) محاسبه کردند و نیاز خالص را مقدار آبی در نظر گرفتند که به‌طور مؤثر توسط باران تأمین نمی‌شود. در تحقیقی دیگر، چاهون و همکارانش [۶] در اندازه‌گیری باران و برآورد بارش مؤثر برای محصولات دیم و آبی، بارندگی مؤثر را مقداری از بارندگی دانستند که در منطقه ریشه گیاه ذخیره می‌شود و برای برآورد بارش مؤثر از روش USDA استفاده کردند. تسای و همکارانش [۵] در بررسی‌ای که به‌منظور مدیریت سیستم‌های آبیاری شالیزارهای برنج و با هدف تعیین میزان بارش مؤثر برنامه‌ریزی انجام دادند به این نتیجه رسیدند که حد بالای عمق بارش مؤثر می‌تواند از ۳۰ میلی‌متر تا ۴۲ میلی‌متر افزایش یابد. رحمان و همکارانش [۱۱] بارش مؤثر در کشاورزی را در ۱۰ ایستگاه هواشناسی بنگلادش طی دو دوره رشد خریف/ پاییز (جولای تا اکتبر) و ربیع/ بهار (دسامبر تا مارس) با استفاده از روش‌های فرمول رنفرو، USBR، نرخ تبخیر و تعرق به بارندگی و SCS به‌دست آوردند. نتایج پژوهش آنها نشان داد درصد بارش مؤثر متناسب با افزایش فاصله از دریا کاهش می‌یابد. ادنان و همکارانش [۱۲] در تحقیقی به برآورد بارش مؤثر با استفاده از چهار روش پرداختند. مشاهده شد که بارش مؤثر به‌طور مستقیم با ظرفیت ذخیره‌سازی آب و آبیاری متناسب است، و به این نتیجه رسیدند که روش‌های SCS و USDA برای مناطقی مناسب است که شدت بارش کمی دریافت می‌کنند مانند بخش‌های جنوبی پاکستان و رنفرو برای دوره کوتاه‌مدت

برای استفاده هرچه بهتر از آب در کشاورزی، شناخت بارش مؤثر امری حیاتی است. کاربرد اطلاعات مربوط به بارش مؤثر به‌منظور طرح و اجرای پروژه‌های آبیاری، طرح و عملیات سیستم‌های زهکشی، شست‌وشوی نمک‌ها، برنامه‌ریزی سیستم‌های آبیاری با استفاده از آب زیرزمینی و برای کشت دیم اهمیت دارد. از آنجا که کشور ایران در طرف خشک نیم‌کره شمالی قرار دارد، بیشتر مساحت آن را مناطق خشک و نیمه‌خشک تشکیل داده است [۱]. کشور ایران در منطقه‌ای از جهان قرار گرفته است که به‌طور متوسط یک سوم بارندگی متوسط جهانی را دریافت می‌کند [۲]. باران ماهیانه، فصلی و سالیانه از سالی به سال دیگر تغییر می‌کند، این تغییر درباره بارش مؤثر و در نتیجه درباره نیازهای آبیاری نیز صادق است. برآورد دقیق از بارشی که بیشتر از یک دوره زمانی مفید واقع شده است، می‌تواند یک تصویر کلی از کارکرد آن در آبیاری ارائه کند [۳]. برنامه‌ریزی تأمین آب نمی‌تواند بر اساس کمترین بارش مؤثر استوار باشد، چون این امر به پروژه‌های تا حد زیادی غیراقتصادی برای اغلب سال‌ها منجر خواهد شد. از سوی دیگر، طرح تأمین آب نمی‌تواند بر اساس میانگین مقدار بارش مؤثر نیز استوار باشد زیرا این امر تأمین آب کافی را فقط تقریباً برای نیمی از اوقات تضمین می‌کند. بنابراین، مقدار بارش مؤثر بر اساس احتمالات محاسبه می‌شود [۴]. برآورد بارش مؤثر به عنوان بخشی از بارش‌های ذخیره‌شده در منطقه ریشه گیاه همواره یک مشکل در مدیریت آب کشاورزی بوده است [۵]. تخمین دقیق بارش مؤثر نه تنها برای برنامه‌ریزی و مدیریت تولید گندم مورد نیاز است [۶] بلکه برای استراتژی‌های مدیریت ریسک در مزرعه هم به کار می‌رود. در زمینه زراعت دیم، وقتی زمین به حالت آیش گذاشته می‌شود، قسمتی از کل باران که برای محصول بعدی در خاک ذخیره می‌شود نیز به‌عنوان بارش مؤثر مد نظر قرار می‌گیرد [۴]. میلر و تامسون [۷] بارش مؤثر را نسبت باران به تبخیر در نظر گرفته‌اند. این تعریف گمراه‌کننده است؛ چون در واقع به تأثیر باران اشاره کرده است نه به بارش مؤثر. دو اصطلاح بارش مؤثر و تأثیر باران هم‌معنا نیستند، بلکه دو معنای متمایز دارند. اصطلاح تأثیر، درجه مفیدبودن و کارایی باران را با توجه به خشکی محل خاطر نشان می‌سازد؛ در حالی که بارش مؤثر قسمت مفید کل باران دریافتی است. اسنایدر [۸] معتقد است که بارش مؤثر طی دوره رشد گیاه رخ

وجود دارد در حالی که بخش‌های بیابانی ایران کمتر از ۵۰ میلی‌متر باران دریافت می‌کنند [۱۹]. این پژوهش در دو منطقه جغرافیایی متفاوت ایران که یکی از آنها جزء مناطق پربارش (شهرستان رشت) و دیگری جزء مناطق کم‌بارش (شهرستان داران) است، برای محصولات مختلف (جدول ۱) و به منظور صحت‌سنجی روابط تعیین بارش مؤثر انجام شده است (برای تعیین اقلیم مناطق مطالعه شده از اقلیم نمای دومارتن استفاده شد). شهرستان رشت در شمال ایران با طول جغرافیایی ۴۹/۶۰ و عرض جغرافیایی ۳۷/۲۵ و شهرستان داران در مرکز ایران با طول جغرافیایی ۵۰/۳۶ و عرض جغرافیایی ۳۲/۹۲ قرار گرفته است (جدول ۲). سیستم اصلی کشاورزی در مناطق دیم ایران، شامل غلات (گندم و جو) و مواد غذایی و حبوبات (نخود، عدس و برخی گیاهان علوفه‌ای) است [۲۰]. بر این اساس در پژوهش حاضر گیاهان گندم، جو، نخود و عدس در نظر گرفته شد. پس از انتخاب ایستگاه‌های مطالعاتی، اطلاعات مربوط به تاریخ‌های آغاز و پایان و طول هر یک از مراحل مختلف رشد این محصولات جمع‌آوری شد و براساس داده‌های موجود در برنامه OPTIWAT نیاز آبی برای هر محصول در منطقه تعیین شد [۲۱]. در این پژوهش داده‌های کمترین و بیشترین دمای روزانه (درجه سانتی‌گراد)، کمترین و بیشترین رطوبت نسبی (درصد)، تعداد ساعات آفتابی روزانه، سرعت باد در ارتفاع دومتری از سطح زمین (متر/ثانیه) و بارندگی روزانه (میلی‌متر)، عمق آب آبیاری (میلی‌متر) و وضعیت رطوبتی خاک در منطقه ریشه قبل و بعد از بارندگی (میلی‌متر) به دست آمده از دو ایستگاه هواشناسی کشاورزی و سینوپتیک کشور در شهرستان داران در استان اصفهان و شهرستان رشت در استان گیلان با طول دوره آماری مشترک ۲۰ سال (سال‌های کشت ۱۹۹۱ تا ۲۰۱۱) استفاده شد (جدول ۲).

مناسب نیست، میزان و پراکنش بارش و تغییرات دمای هوا دو عامل بسیار مهم آب و هوایی هستند که از طریق تحت تأثیر قراردادن میزان رطوبت و دمای خاک می‌توانند در تولید عملکرد و اجزای عملکرد گندم بسیار مؤثر واقع شوند [۱۳]. این دو عامل غیر از تحت تأثیر قراردادن اندام‌های رویشی و زایشی گندم، بر رشد و نمو ریشه این گیاه و میزان جذب آب و مواد غذایی نیز مؤثرند [۱۴]. از آنجا که عوامل اقلیمی یکی از عوامل مهم تأثیرگذار در زراعت دیم هستند و تنش رطوبتی و دمایی از عمده عوامل کم‌شدن عملکرد در واحد سطح هستند، بنابراین شناسایی و به‌کارگیری عوامل مؤثر اقلیمی بر عملکرد دانه و بهره‌وری بارش، در محصولات زراعتی دیم ضروری است. در پژوهش حاضر تلاش شد با تحلیل باران در دو نمونه اقلیمی ایران (کم‌باران و پرباران) روش‌های مختلف برآورد بارش مؤثر، در زراعت محصولات دیم ارزیابی شود.

مواد و روش‌ها

ایران با مساحتی حدود ۱۶۴۸۱۹۵ کیلومترمربع واقع در منطقه نیمه‌خشک در شرق خاورمیانه است. آب و هوای ایران به جز قسمت‌های غربی و ساحلی شمالی به‌طور عمده خشک و نیمه‌خشک است. تابستان در بسیاری از نقاط کشور گرم و خشک است و زمستان سرد است در حالی که بخش مرکزی آن آب و هوای قاره‌ای دارد [۱۵]. ویژگی‌های توپوگرافی ایران نشان می‌دهد وجود دو رشته‌کوه البرز و زاگرس در شمال و غرب این کشور، منطقه خشک و نیمه‌خشک را در قسمت مرکزی این کشور احاطه کرده است، به‌طوری که مانع از رسیدن بارش به قسمت مرکزی این کشور می‌شود [۱۶]. توزیع بارش در ایران نامتوازن است و میانگین بارش در سراسر کشور حدود ۲۱۰ میلی‌متر در سال است [۱۷] که این مقدار حدود یک سوم متوسط بارش جهانی است [۱۸]. در ناحیه جنوب دریای خزر بیشتر از ۱۶۰۰ میلی‌متر بارندگی

جدول ۱. وضعیت محصولات در مناطق مطالعه شده

| محصول | داران | | رشت | |
|-------|---------------|-------------------------|---------------|-------------------------|
| | سطح کاشت (ha) | عملکرد در هکتار (kg/ha) | سطح کاشت (ha) | عملکرد در هکتار (kg/ha) |
| گندم | ۳۷۰۰ | ۱۲۰۰ | ۹۹۲۷ | ۱۰۱۹/۷۷ |
| جو | ۱۶۰۰ | ۶۰۰ | ۳۱۰۸ | ۱۵۷۴/۲۲ |
| نخود | ۷۰ | ۲۷۰ | ۸ | ۸۹۱ |
| عدس | ۸۰ | ۲۰۰ | ۱۴۷۵ | ۸۵۹/۴۰ |

جدول ۲. موقعیت جغرافیایی و متوسط پارامترهای اقلیمی ایستگاه‌های مطالعه‌شده

| ایستگاه | دوره آماری | طول جغرافیایی | عرض جغرافیایی | ارتفاع از سطح دریا (m) | کمترین دما (°C) | بیشترین دما (°C) | تعداد ساعات آفتابی | سرعت باد (m/s) |
|---------|------------|---------------|---------------|------------------------|-----------------|------------------|--------------------|----------------|
| رشت | ۲۰۱۱-۱۹۸۹ | ۴۹/۶۰ | ۳۷/۲۵ | -۶/۹ | ۱۱/۶۴ | ۲۰/۵۶ | ۴/۵۲ | ۱/۲۱ |
| داران | ۲۰۱۱-۱۹۸۹ | ۵۰/۳۶ | ۳۲/۹۲ | ۲۲۹۰ | ۴/۳۹ | ۱۷/۳۴ | ۸/۶۰ | ۱/۷۹ |

آبیاری محاسبه و برآورد می‌شود. شکل عمومی رابطه استفاده‌شده در روش SCS به‌صورت زیر است [۲۳]:

$$P_e = F \left(\frac{1}{253} P^{0.824} - \frac{2}{935} \right) \times 10^{0.000955 Et_p} \quad (2)$$

که در آن P_e : بارش مؤثر ماهانه (میلی‌متر در ماه)، P : مجموع بارش هر ماه (میلی‌متر)، Et_p : مجموع تبخیر و تعرق گیاه هر ماه (میلی‌متر) و F ضریبی است که وابسته به عمق آبیاری (D_i) است. D_i : عمق رطوبت تخلیه‌شده از خاک قبل از باران یا آبیاری و به‌بیان دیگر همان عمق ذخیره آب یا رطوبت است. اگر عمق آبیاری در هر مرحله برابر ۷۵ میلی‌متر در نظر گرفته شود، F برابر ۱ است و در حالت کلی از رابطه ۳ به‌دست می‌آید:

$$F = 0.53 + 0.0116D - 8/94 \times 10^{-5} D^2 + 2/32 \times 10^{-7} D^3 \quad (3)$$

مقدار ضریب F برای اعماق مختلف آبیاری در جدول ۳ محاسبه شده است.

برای برآورد بارش مؤثر از روش یادشده، داده‌های اقلیمی ایستگاه داران و رشت استفاده شده است. بدین‌منظور با استفاده از روش پنمن-مانتیت ابتدا تبخیر تعرق پتانسیل گیاه مرجع محاسبه شده و سپس با احتساب ضریب گیاه گندم، جو، نخود و عدس در دوره رشد، مقدار تبخیر و تعرق متوسط ماهانه برای محصول یادشده تعدیل شده است (جدول‌های ۴ و ۵). در ادامه با استفاده از بارش ماهانه و تبخیر تعرق پتانسیل ماهانه در دوره رشد محصولات، بارش مؤثر در هر ماه طی دوره آماری محاسبه شده و بر این مبنا متوسط بارش مؤثر برای عمق ۷۵ میلی‌متر محاسبه شده است. به‌منظور تحلیل آماری نتایج از آزمون مقایسه میانگین LSD و از نرم‌افزار SPSS استفاده شده است.

کمیت بین‌المللی آبیاری و زهکشی (ICID) و سازمان خواروبار جهانی (FAO) روش پنمن-مانتیت را به‌عنوان یک روش استاندارد برای محاسبه تبخیر تعرق پتانسیل و همچنین برای ارزیابی سایر روش‌های برآورد تبخیر تعرق پیشنهاد کرده است [۲۲]. در این روش فرض می‌شود که کل سطح پوشش گیاهی مانند یک برگ بزرگ است، به همین دلیل روش پنمن-مانتیت موسوم به روش برگ بزرگ (Big Leaf) است. معادله آن به‌صورت زیر است:

$$ET_c = \frac{0.408 \Delta (R_n - G) + \gamma \left[\frac{180}{(T + 273)} \right] U_a (e_a - e_d)}{\Delta + \gamma (1 + 0.34 u_a)} \quad (1)$$

که در آن R_n : تابش خالص در سطح پوشش گیاهی ($MJm^{-2}d^{-1}$); T : متوسط دمای هوا در ارتفاع دومتری از سطح زمین ($^{\circ}C$); U_2 : سرعت باد در ارتفاع دومتری از سطح زمین (ms^{-1}); $(e_a - e_d)$: کمبود فشار بخار در ارتفاع دومتری ($KPa^{\circ}C^{-1}$); Δ : شیب منحنی فشار بخار ($KPa^{\circ}C^{-1}$); γ : ضریب رطوبتی ($KPa^{\circ}C^{-1}$); G : شار گرما به داخل خاک ($MJm^{-2}d^{-1}$) هستند. در پژوهش حاضر از نرم‌افزار Ref-ET برای محاسبه تبخیر تعرق پتانسیل استفاده شده است.

روش‌های استفاده‌شده برای برآورد بارش مؤثر بسته به روش استفاده‌شده، متفاوت است. در پژوهش حاضر برای محاسبه بارش مؤثر از پنج روش به شرح زیر استفاده شده است:

روش سرویس حفاظت خاک اداره کشاورزی ایالات متحده (SCS)

در این روش بارش مؤثر با استفاده از بارش ماهانه و تبخیر و تعرق ماهانه [۲۲] و همین‌طور عمق ذخیره آب یا عمق

جدول ۳. ضریب F در عمق‌های مختلف آبیاری

| عمق آبیاری (mm) | ۱۰ | ۲۰ | ۳۰ | ۴۰ | ۵۰ | ۶۰ | ۷۰ | ۷۵ | ۱۰۰ | ۱۲۵ |
|-----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| ضریب F | ۰/۵۹ | ۰/۷۳ | ۰/۸۲ | ۰/۸۷ | ۰/۹۲ | ۰/۹۵ | ۰/۹۸ | ۱/۰۰ | ۱/۰۱ | ۱/۰۳ |

جدول ۴. ضرایب گیاهی Kc محصولات مطالعه‌شده در مناطق مطالعاتی

| منطقه | محصول | مهر | آبان | آذر | دی | بهمن | اسفند | فروردین | اردیبهشت | خرداد | تیر | مرداد |
|-------|-------|------|------|------|------|------|-------|---------|----------|-------|------|-------|
| داران | گندم | ۰/۴۵ | ۰/۴۵ | ۰/۴۵ | ۰/۴۵ | ۰/۴۶ | ۰/۸۲ | ۱/۲۱ | ۱/۲۱ | ۰/۸۲ | - | - |
| | جو | - | - | - | - | - | - | ۰/۳ | ۱/۱۵ | ۰/۲۵ | ۰/۲۵ | - |
| | عدس | - | - | - | - | - | - | - | ۰/۷۰ | ۱/۲۰ | ۰/۶۰ | ۰/۵۴ |
| | نخود | - | - | - | - | - | - | ۰/۷۱ | ۱/۱ | ۰/۶۲ | - | - |
| رشت | گندم | - | - | ۰/۴۵ | ۰/۴۵ | ۰/۷ | ۱/۱ | ۱/۲ | ۱/۱۹ | ۰/۶۷ | - | - |
| | جو | - | - | - | - | - | - | - | ۰/۳۵ | ۱/۰۱ | ۰/۳۵ | ۰/۳۵ |
| | عدس | - | - | - | - | - | - | ۰/۵۱ | ۱/۰۵ | ۱/۰۹ | ۰/۶۶ | - |
| | نخود | - | - | ۰/۴ | ۰/۵۴ | ۰/۸۵ | ۱/۰۹ | ۱/۱ | ۱/۱ | ۱ | ۰/۴۹ | - |

جدول ۵. مقادیر تبخیر تعرق ماهانه محصولات مطالعه‌شده در مناطق مطالعاتی

| منطقه | محصول | مهر | آبان | آذر | دی | بهمن | اسفند | فروردین | اردیبهشت | خرداد | تیر | مرداد |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|----------|--------|--------|--------|
| داران | گندم | ۹۲/۶۹ | ۷۷/۷۴ | ۴۵/۰۱ | ۲۸/۳۳ | ۲۲/۰۷ | ۳۶/۷۷ | ۵۵/۲۲ | ۷۳/۷۷ | ۹۲/۸۷ | - | - |
| | جو | - | - | - | - | - | - | ۳۰/۶۸ | ۴۰/۹۸ | ۲۳۷/۳۳ | ۶۸/۵۵ | - |
| | عدس | - | - | - | - | - | - | ۸۷/۱۲ | ۱۸۰/۳۲ | ۱۲۷/۹۵ | - | - |
| | نخود | - | - | - | - | - | - | - | ۱۱۴/۷۵ | ۲۷۴/۶۵ | ۱۳۷/۱۰ | ۱۰۹/۳۶ |
| رشت | گندم | - | - | ۱۷/۳۵ | ۳۱/۵۳ | ۴۳/۵۴ | ۵۷/۹۱ | ۵۹/۷۹ | ۵۳/۳۳ | ۶۸/۱۹ | - | - |
| | جو | - | - | - | - | - | - | - | ۴۱/۴۸ | ۵۳/۰۴ | ۱۶۲/۸۵ | ۴۹/۱۷ |
| | عدس | - | - | ۱۲/۶۹ | ۲۶/۴۹ | ۳۹/۹۱ | ۵۷/۹۱ | ۹۳/۱۱ | ۱۰۰/۷۴ | ۸۱/۸۳ | ۶۴/۵۰ | - |
| | نخود | - | - | - | - | - | - | ۵۶/۳۸ | ۱۲۹/۱۹ | ۱۵۹/۱۱ | ۸۲/۲۳ | - |

و در صورتی که مقدار بارندگی ماهانه بیشتر از ۵۰ میلی‌متر باشد، به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$PE = 0.7 \left(\text{مجموع بارندگی} \right) + (20) \quad (7)$$

روش وزارت کشاورزی ایالات متحده (USDA) وزارت کشاورزی ایالات متحده نیز فرمولی مطابق زیر به منظور تعیین میزان بارندگی مؤثر ماهانه ارائه کرد. در این روش در صورتی که مقدار بارندگی ماهانه کمتر از ۲۵۰ میلی‌متر باشد [۶]:

$$PE = \frac{P_{\text{ماهانه}} (125 - 0.2 \times P_{\text{ماهانه}})}{125} \quad (8)$$

و در صورتی که مقدار بارندگی ماهانه بیشتر از ۲۵۰ میلی‌متر باشد:

$$PE = (125 + 0.1 \times P_{\text{ماهانه}}) \quad (9)$$

محاسبه خواهد شد.

روش بارندگی قابل اطمینان

بارندگی قابل اطمینان مبتنی بر فرمول تجربی است که توسط سازمان خواروبار جهانی (FAO) برای اقلیم‌های خشک و مرطوب ارائه شده است. در این روش در صورتی که مقدار بارندگی ماهانه کمتر از ۷۰ میلی‌متر باشد، معادله آن به صورت:

$$PE = 0.6 \times (P_{\text{ماهانه}}) - 10 \quad (4)$$

و در صورتی که مقدار بارندگی ماهانه بیشتر از ۷۰ میلی‌متر باشد:

$$PE = 0.8 \times (P_{\text{ماهانه}}) - 24 \quad (5)$$

روش تجربی بارش مؤثر

فرمول تجربی توسط FAO برای تعیین باران مؤثر ارائه شده است. در این روش مقدار بارش مؤثر، در صورتی که مقدار بارندگی ماهانه کمتر از ۵۰ میلی‌متر باشد به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$PE = 0.5 \left(\text{مجموع بارندگی} \right) - (5) \quad (6)$$

رشت، حدود ۱۱۴ میلی‌متر بوده است. بررسی‌ها نشان داده است حدود ۸۹ درصد از بارش‌ها در داران بین ماه‌های دی تا فروردین و در رشت حدود ۸۰ درصد از بارش‌ها بین ماه‌های شهریور تا اسفند بوده است. پرباران‌ترین ماه سال در شهرستان داران، فروردین و در شهرستان رشت مهرماه و آبان‌ماه بوده است؛ مجموع بارش رخ داده در این ماه‌ها به ترتیب ۵۶/۶۶، ۲۰۴/۸۲ و ۱۹۹/۷۴ میلی‌متر بود.

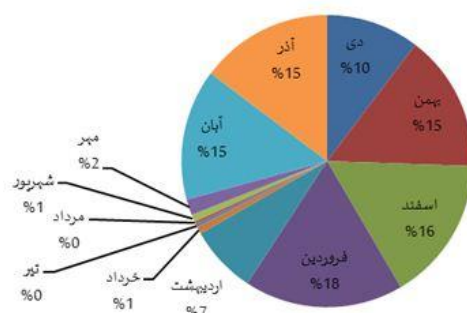
روش درصدی

در این روش که توسط FAO ارائه شده است، مقدار بارش مؤثر برابر ۸۰ درصد از مقدار بارندگی ماهانه در نظر گرفته می‌شود.

نتایج و بحث

بر مبنای داده‌های هواشناسی، متوسط ماهانه بارش طی دوره ۲۰ ساله در ایستگاه داران حدود ۲۶ میلی‌متر و در ایستگاه

شهرستان داران



شکل ۱. درصد تخصیص میزان ریزش صورت گرفته در ماه‌های مختلف سال (۲۰ سال) در شهرستان داران

شهرستان رشت



شکل ۲. درصد تخصیص میزان ریزش صورت گرفته در ماه‌های مختلف سال (۲۰ سال) در شهرستان رشت

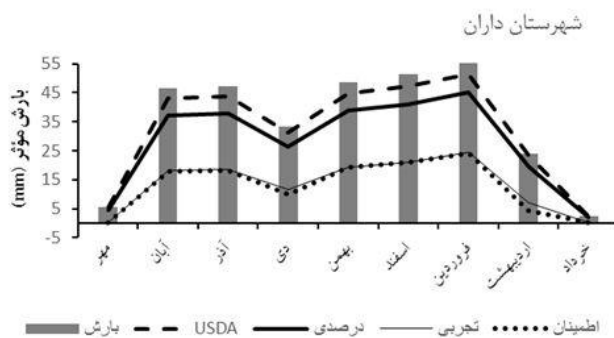
به‌دست آمد، که با توجه به اینکه مقدار بارش نمی‌تواند منفی باشد برای آنها صفر در نظر گرفته شده است (در جدول با * نشان داده شده است). از طرفی، طبق روش بارش قابل اطمینان (معادله ۴) به‌طور کلی هر مقدار از بارش که کمتر از ۱۶/۷ میلی‌متر باشد، باران مؤثر آن صفر است. بنابراین، با توجه به ارزش بارش‌های جوئی و تأثیرگذاری آن در مناطق خشک و نیمه‌خشک، نمی‌توان از بارش به مقدار ۱۶/۷ در این مناطق چشم‌پوشی کرد. این نشان می‌دهد روش‌های SCS، بارش قابل اطمینان و روش

نتایج ایستگاه داران

با ملاحظه شکل ۳ مشخص می‌شود که در ایستگاه داران بیشترین مقادیر محاسبه‌شده بارش مؤثر متعلق به روش (USDA) و کمترین آن مربوط به روش بارش قابل اطمینان برآورد است. همان‌طور که در جدول ۶ دیده می‌شود مقدار بارش مؤثر با روش‌های SCS، در برخی از ماه‌ها برای همه گیاهان کشت‌شده مقادیر منفی به‌دست آمده است. به‌طور مشابه مقادیر بارش مؤثر با روش‌های بارش قابل اطمینان و تجربی هم در برخی از ماه‌ها منفی

کشت سایر گیاهان (نخود، عدس، جو)، میزان تبخیر و تعرق زیاد است و بارش‌های ماهانه رخ داده در ایام مورد نیاز گیاه (به‌خصوص ماه‌های اردیبهشت، خرداد، تیر و مرداد) کافی نبوده است، به‌طوری که بارش مؤثر نمی‌تواند جواب‌گوی نیاز آبی گیاهان باشد.

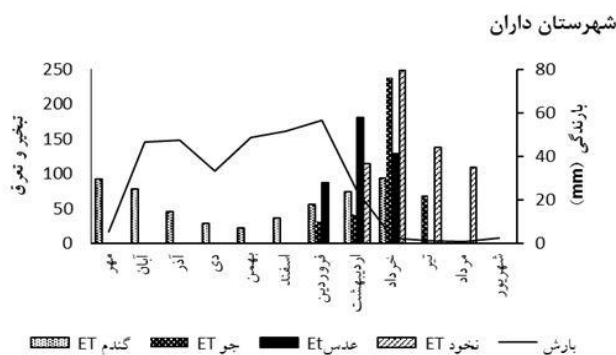
تجربی برای منطقه خشک و نیمه‌خشک داران مناسب نبوده است. پاییز به‌دلیل دمای نسبتاً سرد و آغاز فصل مرطوب فصل مهم برای کشت گندم در ایران [۲۴]. نتایج مقایسه تبخیر و تعرق گیاهی و بارندگی در ایستگاه داران (شکل ۴)، بیان می‌کند که در داران بارش‌های رخ داده در فصل پاییز در حد رفع نیاز آبی گندم بوده است. در زمينه



شکل ۳. نمودار مقایسه کلیه روش‌های برآورد بارش مؤثر در دوره ۲۰ ساله شهرستان داران

جدول ۶. مقادیر بارش مؤثر (میلی‌متر) با روش SCS برای محصولات مطالعه‌شده در داران

| ماه کشت | متوسط بارش | گندم | جو | نخود | عدس |
|----------|------------|-------|-------|-------|-------|
| مهر | ۵/۵۹ | ۲/۷۴ | * | * | * |
| آبان | ۴۶/۵۹ | ۳۱/۷۵ | * | * | * |
| آذر | ۴۷/۲۶ | ۲۹/۹۳ | * | * | * |
| دی | ۳۳/۱۹ | ۲۰/۷۷ | * | * | * |
| بهمن | ۴۸/۷۳ | ۲۹/۲۶ | * | * | * |
| اسفند | ۵۱/۴۳ | ۳۱/۷۴ | * | * | * |
| فروردین | ۵۶/۶۶ | ۳۶/۰۸ | ۳۴/۱۸ | ۳۸/۷۰ | * |
| اردیبهشت | ۲۴/۱۱ | ۱۶/۴۸ | ۱۵/۶۷ | ۲۱/۲۹ | ۱۸/۴۳ |
| خرداد | ۲/۵۸ | . | . | . | . |
| تیر | ۱/۱۳ | * | . | * | . |
| مرداد | ۱/۰۱ | * | * | * | * |
| شهریور | ۲/۵۲ | * | * | * | * |



شکل ۴. نمودار مقایسه تبخیر و تعرق گیاهی و بارندگی در شهرستان داران

تفاوت معناداری در سطح ۵ درصد مشاهده نشد.

نتایج ایستگاه رشت

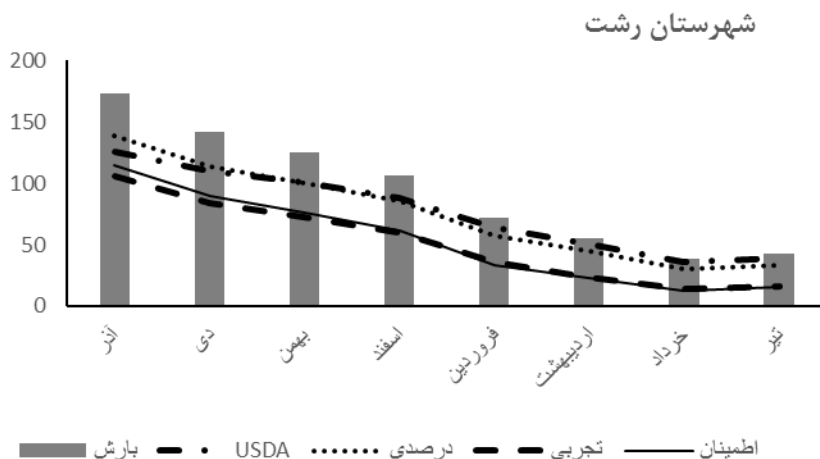
با مشاهده جدول ۸ و شکل ۵ مربوط به ایستگاه رشت، مشخص می‌شود که بیشترین و کمترین مقادیر محاسبه‌شده بارش مؤثر به ترتیب متعلق به روش USDA و بارش قابل اطمینان است. برخلاف داران در رشت مقادیر منفی بارش مؤثر محاسبه نشده است. این مطلب نشان می‌دهد همه روش‌های محاسبه بارش مؤثر می‌تواند برای این منطقه مناسب باشد. رشت به دلیل وضعیت اقلیمی‌ای که دارد بارندگی زیادی دارد و در صورت یکنواختی پخش بارش‌ها می‌تواند نیاز آبی گیاهان مطالعه‌شده را در فصل کشت مربوطه تأمین می‌کند. با توجه به شکل ۶ بارش‌های رخ داده در فصل پاییز و زمستان زیاد است و توانسته نیاز آبی گیاهان گندم و عدس را در این ماه‌ها تأمین کند؛ اما در فصل بهار و تابستان با کاهش میزان بارندگی، بارش مؤثر هم کم شده به طوری که نتوانسته جواب‌گوی نیاز آبی گیاهان باشد.

نتایج آزمون مقایسه میانگین کمترین اختلاف معنادار (LSD) را که به کمک نرم‌افزار SPSS به دست آمده در جدول ۷ نشان داده شده است. با ملاحظه جدول ۷ چنانچه روش USDA و درصدی به عنوان شاهد قرار داده شود، در زمینه کشت گندم دیم تفاوت معناداری بین روش‌های تجربی و اطمینان وجود دارد اما برای سایر محصولات (عدس، جو و نخود) تفاوت معناداری بین روش‌های مختلف محاسبه بارش مؤثر، در سطح ۵ درصد مشاهده نمی‌شود. به‌طور مشابه اگر روش‌های اطمینان و تجربی شاهد قرار داده شود، برای گندم دیم بین روش‌های شاهد با روش‌های USDA و درصدی تفاوت معناداری بوده است، اما در زمینه سایر محصولات (عدس، جو و نخود) تفاوت معناداری بین روش‌های مختلف محاسبه بارش مؤثر، در سطح ۵ درصد مشاهده نشد. همچنین در روش SCS به عنوان شاهد برای محصولات مختلف دیم (گندم، عدس، جو و نخود) بین هیچ‌یک از روش‌های محاسبه (USDA، درصدی، اطمینان و تجربی)

جدول ۷. نتایج آزمون LSD برای مقایسه میانگین روش‌ها در داران

| شاهد | روش | گندم | جو | عدس | نخود |
|---------|---------|---------------------|--------|-------|--------|
| USDA | درصدی | ۴/۴۷ | ۲/۷۱ | ۱/۵۴ | ۳/۵۳ |
| | تجربی | ۱۹/۱۷ [°] | ۱۱/۶۷ | ۶/۶۰ | ۱۵/۱۸ |
| | SCS | ۱۰/۴۵ | ۷/۱۴ | ۲/۸۱ | ۵/۷۶ |
| | اطمینان | ۹/۸۲ [°] | ۱۲/۴۸ | ۷/۴۷ | ۱۶/۲۷ |
| درصدی | USDA | -۴/۴۷ | -۲/۷۰ | -۱/۵۴ | ۳/۵۳ |
| | تجربی | ۱۴/۷۰ [°] | ۸/۹۶ | ۵/۰۶ | ۱۱/۶۵ |
| | SCS | ۵/۹۷ | ۴/۴۳ | ۱/۲۷ | ۲/۲۳ |
| | اطمینان | ۱۵/۳۴ [°] | ۹/۷۸ | ۵/۹۳ | ۱۲/۷۴ |
| تجربی | USDA | -۱۹/۱۷ [°] | -۱۱/۶۷ | -۶/۶۰ | -۱۵/۱۸ |
| | درصدی | -۱۴/۷۰ [*] | -۸/۹۶ | -۵/۰۶ | -۱۱/۶۵ |
| | SCS | -۸/۷۲ | -۴/۵۳ | -۳/۷۹ | -۹/۴۲ |
| | اطمینان | ۰/۶۴ | ۰/۸۱ | ۰/۸۶ | ۱/۰۸ |
| SCS | USDA | -۱۰/۴۵ | -۷/۱۴ | -۲/۸۱ | -۵/۷۶ |
| | درصدی | -۵/۹۷ | -۴/۴۳ | -۱/۲۷ | -۲/۲۳ |
| | تجربی | ۸/۷۲ | ۴/۵۳ | ۳/۷۹ | ۹/۴۳ |
| | اطمینان | ۹/۳۶ | ۵/۳۴ | ۴/۶۵ | ۱۰/۵۰ |
| اطمینان | USDA | -۱۹/۸۲ [°] | -۱۲/۴۸ | -۷/۴۷ | -۱۶/۲۷ |
| | درصدی | -۱۵/۳۴ [°] | -۹/۷۸ | -۵/۹۳ | -۱۲/۷۴ |
| | تجربی | ۰/۶۴ | -۰/۸۱ | -۰/۸۶ | -۱/۰۸ |
| | SCS | -۹/۳۶ | -۵/۳۴ | -۴/۶۵ | -۱۰/۵۱ |

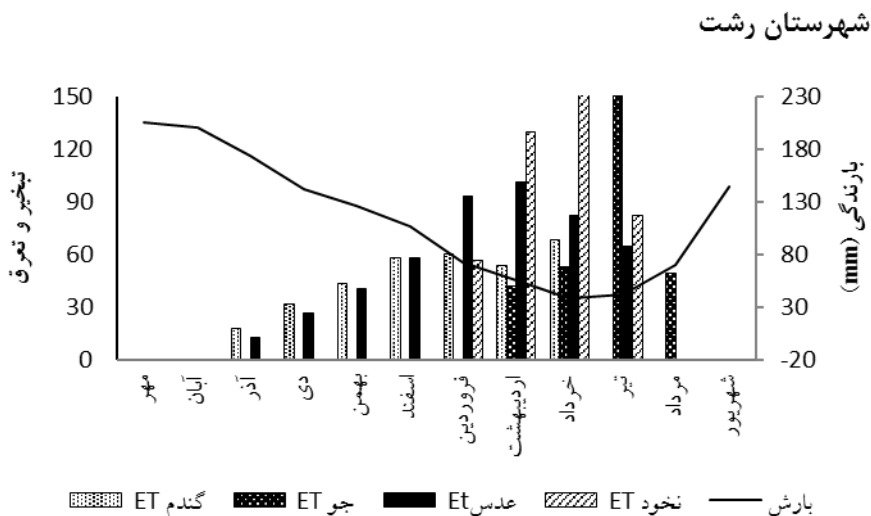
* در سطح ۵ درصد اختلاف وجود دارد.



شکل ۵. نمودار مقایسه کلیه روش‌های برآورد بارش مؤثر در دوره ۲۰ ساله شهرستان رشت

جدول ۸. مقادیر بارش مؤثر (میلی‌متر) با روش SCS برای محصولات مطالعه‌شده در رشت

| ماه کشت | بارش | گندم | جو | خود | عدس |
|----------|--------|-------|-------|-------|-------|
| مهر | ۲۴۰/۸۴ | * | * | * | * |
| آبان | ۱۹۹/۷۴ | * | * | * | * |
| آذر | ۱۷۳/۱۰ | ۸۷/۹۱ | * | ۸۷/۰۲ | * |
| دی | ۱۴۱/۹۴ | ۷۶/۵۴ | * | ۷۵/۷۰ | * |
| بهمن | ۱۲۵/۵۸ | ۷۰/۷۴ | * | ۷۰/۱۸ | * |
| اسفند | ۱۰۶/۸۱ | ۶۳/۴۸ | * | ۶۳/۴۸ | * |
| فروردین | ۷۲/۰۰ | ۴۵/۱۳ | * | ۴۸/۵۶ | ۴۴/۷۹ |
| اردیبهشت | ۵۵/۳۷ | ۳۵/۱۹ | ۳۴/۲۸ | ۳۹/۰۵ | ۴۱/۵۷ |
| خرداد | ۳۸/۲۴ | ۲۵/۹۰ | ۲۵/۰۵ | ۲۶/۶۹ | ۳۱/۶۳ |
| تیر | ۴۲/۱۸ | ۲۸/۱۴ | ۳۴/۹۳ | ۲۸/۱۴ | ۲۹/۲۶ |
| مرداد | ۶۹/۸۳ | * | ۴۲/۹۰ | * | * |
| شهریور | ۱۴۳/۶۲ | * | * | * | * |



شکل ۶. نمودار مقایسه تبخیر و تعرق گیاهی و بارندگی در شهرستان رشت

و نخود تفاوت معناداری بین روش‌های محاسبه دیده نشده است، اما برای محصولات عدس و جو روش درصدی با روش‌های تجربی و اطمینان تفاوت معناداری در سطح ۵ درصد داشته است. همچنین برای روش تجربی و اطمینان به عنوان شاهد به‌طور مشابه برای محصولات گندم و نخود تفاوت معناداری بین روش‌های محاسبه دیده نشده، اما با روش‌های USDA و درصدی تفاوت معناداری در سطح ۵ درصد داشتند. و در آخر در صورتی که روش SCS را شاهد قرار دهیم، برای محصولات مختلف (گندم، جو، عدس و نخود) تفاوت معناداری در سطح ۵ درصد بین روش‌های محاسبه دیده نشده است.

برای مقایسه میانگین‌ها، به کمک نرم‌افزار SPSS از آزمون‌های مقایسه میانگین کمترین اختلاف معنادار (LSD) استفاده شده است. جدول ۹ نتایج این آزمون را نشان می‌دهد. نتایج مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD نشان داد چنانچه روش USDA را به‌عنوان شاهد قرار دهیم، برای محصولات گندم و نخود تفاوت معناداری بین روش‌های محاسبه دیده نشده است، اما برای محصولات عدس و جو روش USDA با روش‌های تجربی و اطمینان تفاوت معناداری در سطح ۵ درصد داشته است. روش درصدی به‌عنوان شاهد مشابه روش USDA به‌عنوان شاهد نتیجه داده است، به‌طوری که برای محصولات گندم

جدول ۹. نتایج آزمون LSD برای مقایسه میانگین روش‌ها در رشت

| شاهد | روش | گندم | جو | عدس | نخود |
|---------|---------|--------|---------|---------|--------|
| USDA | درصدی | ۱/۱۲ | ۵/۸۱ | ۵/۷۹ | ۱/۱۲ |
| | تجربی | ۲۵/۰۷ | ۲۴/۹۶* | ۲۵/۰۰* | ۲۵/۰۷ |
| | SCS | ۲۲/۵۱ | ۱۲/۶۴ | ۱۰/۵۳ | ۲۲/۵۱ |
| | اطمینان | ۲۳/۳۲ | ۲۵/۰۸* | ۲۶/۱۸* | ۲۳/۳۲ |
| درصدی | USDA | -۱/۱۲ | -۵/۸۱ | -۵/۷۹ | -۱/۱۲ |
| | تجربی | ۲۳/۹۴ | ۱۹/۱۵* | ۱۹/۲۱* | ۲۳/۹۴ |
| | SCS | ۲۱/۳۹ | ۶/۸۳ | ۴/۷۴ | ۲۱/۳۹ |
| | اطمینان | ۲۲/۱۹ | ۲۰/۲۷* | ۲۰/۳۸* | ۲۲/۱۹ |
| تجربی | USDA | -۲۵/۰۷ | -۲۴/۹۶* | -۲۵/۰۰* | -۲۵/۰۷ |
| | درصدی | -۲۳/۹۴ | -۱۹/۱۵* | -۱۹/۲۱* | -۲۳/۹۴ |
| | SCS | -۲/۵۵ | -۱۲/۳۲ | -۱۴/۴۷ | -۲/۵۵ |
| | اطمینان | -۱/۷۵ | ۱/۱۲ | ۱/۱۷ | -۱/۷۵ |
| SCS | USDA | -۲۲/۵۱ | -۱۲/۶۴ | -۱۰/۵۳ | -۲۲/۵۲ |
| | درصدی | -۲۱/۳۹ | -۶/۸۳ | -۴/۷۴ | -۲۱/۳۹ |
| | تجربی | ۲/۵۵ | ۱۲/۳۲ | ۱۴/۴۷ | ۲/۵۵ |
| | اطمینان | ۰/۸۱ | ۱۳/۴۴ | ۱۵/۶۴ | ۰/۸۰ |
| اطمینان | USDA | -۲۳/۳۲ | -۲۶/۰۸* | -۲۶/۱۸* | -۲۳/۳۲ |
| | درصدی | -۲۲/۱۹ | -۲۰/۲۷* | -۲۰/۳۸* | -۲۲/۱۹ |
| | تجربی | ۱/۷۵ | -۱/۱۲ | -۱/۱۷ | ۱/۷۵ |
| | اطمینان | -۰/۸۰ | -۱۳/۴۴ | -۱۵/۶۴ | -۰/۸۰ |

* در سطح ۵ درصد اختلاف وجود دارد.

نتیجه‌گیری

است و در مناطق مختلف مقدارهای مختلف انتخاب می‌شود، بنابراین نسبت به روش USDA اطمینان کمتری دارد. بنابراین، می‌توان به این نتیجه رسید که قابل اطمینان‌ترین روش در تعیین بارش مؤثر برای محصولات دیم مختلف در شهرستان داران به ترتیب روش USDA و درصدی است. ادنان و خان [۱۲] در پژوهشی روش USDA را برای مناطقی پیشنهاد داده‌اند که شدت بارش کمی دارند. از آنجا که میزان و زمان ریزش باران قابل کنترل نیست، می‌توان با اتخاذ تدابیری میزان کارایی بارش و در نتیجه بارش مؤثر را افزایش داد. از جمله می‌توان به کاهش رواناب سطحی، ذخیره آب برای اوقات کم‌باران، کاهش عمق نفوذ آب و برنامه‌ریزی برای کشت گونه‌های منطبق بر رژیم بارش اشاره کرد.

منابع

- [1]. Rahimi J, Khalili A and Bazrafshan J. Estimation of effective precipitation for winter wheat in different regions of Iran using an Extended Soil-Water Balance Model. *Desert*. 2014; 19(2): 91-98.
- [2]. Kardavani P. Drought and ways to cope with it, University of Tehran Press. Iran. 2001.
- [3]. Mohan S, Simhadrirao B and Arumugam N. Comparative Study of Effective Rainfall Estimation Methods for Lowland Rice, *Water Resources Management*. 2001; 10(1): 335-44.
- [4]. Dastane N.G. Effective rainfall. FAO Consultant, Project Coordinator, Indian Agricultural Research Institute, New Delhi. 1978.
- [5]. Tsai S. M, Chen S and Wang H. Y. A study on the practical model of planned effective rainfall for paddy fields in Taiwan. *Journal of Marine Science and Technology*. 2005 ; 13(2): 73-82.
- [6]. Chahoon j, Yontsand D and Melvin S. Estimating Effective Rainfall. 2001.
- [7]. Miller A and Thompson J C. Elements of Meteorology. Ohio. Merril Pub. 1970.
- [8]. Snyder R. L and Davis U. C. Drought Tips ; www.edis.ifas.ufl.edu/aeo78. 2001.
- [9]. Tsao I. S. Study on the calculation and estimation of effective rainfall on paddy field by using electronic computer. Taiwan water conservancy. 1971.
- [10]. Smajstrla A. G and Zazueta F. S. Estimating crop irrigation requirements for irrigation system design and consumptive use permitting. University of Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agriculture Sciences, EDIS. 1998.

هدف از انجام این تحقیق، صحت‌سنجی روابط تعیین بارش مؤثر برای رشد محصولات مختلف دیم (گندم، عدس، جو و نخود) در دو منطقه اقلیمی متفاوت (کم‌بارش و پربارش) بوده است. مقادیر بارش مؤثر با استفاده از پنج روش: SCS، بارندگی قابل اطمینان، تجربی، USDA و درصدی محاسبه شد. مقایسه نتایج نشان داد روش‌های USDA و بارندگی قابل اطمینان به ترتیب بیشترین و کمترین میزان بارش مؤثر را برای در هر دو منطقه رشت و داران دارند. ایستگاه هواشناسی رشت در مقایسه با ایستگاه هواشناسی داران امکان دریافت بارش سالیانه نسبتاً شایان توجهی را دارد و به همین لحاظ قابلیت نسبتاً خوبی برای کشت دیم دارد، اما عدم توزیع بهینه بارش‌های ماهانه در زمینه کشت دیم و نیز عدم اطمینان از دریافت بارش کافی طی فصل رشد گیاه، محدودیت‌هایی را سبب می‌شود. ماه‌های اردیبهشت، خرداد، تیر و مرداد منطبق بر دوران حساس رشد گیاهان، به خصوص جو، نخود و عدس است. ماه‌های یادشده حساسیت ویژه‌ای دارند به همین دلیل باید اطمینان لازم برای دریافت بارش در این ماه‌ها وجود داشته باشد. در هر دو منطقه داران و رشت بارش‌های رخ داده در این ماه‌ها کافی نیست و بارش مؤثر نمی‌تواند نیاز آبی این گیاهان را رفع کند. در شهرستان رشت برای هیچ‌یک از روش‌ها مقدار منفی برای بارش مؤثر محاسبه نشده است و نتایج آزمون آماری LSD برای همه روش‌های بارش مؤثر در زمینه محصولات دیم تقریباً مشابه بود. از این مطلب می‌توان نتیجه گرفت که همه روش‌های محاسبه بارش مؤثر مناسب برای مناطق مرطوب با میزان بارندگی زیاد هستند. در نتیجه به منظور استفاده از این روش‌ها در مناطق گرم و خشک باید کالیبره شوند. در شهرستان رشت با توجه به اینکه روش SCS مقدار منفی برای بارش مؤثر محاسبه نکرده و چون پارامترهایی نظیر مقادیر بارش ماهانه، تبخیر و تعرق ماهانه و عمق آبیاری دخیل است، می‌تواند از سایر روش‌ها مناسب‌تر باشد. همچنین روش USDA با توجه به اینکه بیشترین مقدار بارش مؤثر را محاسبه کرده می‌تواند در کنار روش SCS بهترین نتیجه را دهد، اما در شهرستان داران با توجه به اینکه مقادیر منفی در برخی از روش‌های بارش مؤثر محاسبه شده است، از بین روش‌های موجود، روش درصدی و USDA مناسب‌ترین روش‌ها هستند. در روش درصدی مقدار ۸۰ درصد برای تعیین مقدار بارش مؤثر به صورت تجربی توسط FAO کسب شده

- [11]. Rahman M.M, M.O.Islam and M.Hasanuzzaman. Study of effective rainfall for irrigated agriculture in south-eastern part of Bangladesh, *World Journals of Agriculture*. 2008; 4(4):453-457.
- [12]. Adnan S and Khan A. H. Effective rainfall for irrigated agriculture plains of Pakistan. *Pakistan Journal Meteorology*. 2009; 6(11): 61-72.
- [13]. Tavakoli A.R, Oweis T, Ashrafi Sh, Asadi H, Siadat H and Liaghat A. Improving rainwater productivity with supplemental irrigation in upper Karkheh river basin of Iran. *International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA), Aleppo, Syria*. 2010.123pp.
- [14]. Croissant R.L, Peterson G.A and Westfall D.G. *Dryland Cropping Systems*. Colorado State University, Cooperative Extension. 1998; Bulletin No. 0.516.
- [15]. Kousari M.R, Ekhtesasi M.R, Tazeh M, Naeini M.A.S and Zarch M.A.A. An investigation of the Iranian climatic changes by considering the precipitation, temperature, and relative humidity parameters. *Theoretical and Applied Climatology*. 2011; 103(3-4): 321-335.
- [16]. Modarres R, and Sarhadi A. Statistically-based regionalization of rainfall climates of Iran. *Global and Planetary Change*. 2011; 75(1): 67-75.
- [17]. Sadeghi S. H. R, Moatamednia M and Behzadfar M. Spatial and temporal variations in the rainfall erosivity factor in Iran. *Journal of Agricultural Science and Technology*. 2011; (13): 451-464.
- [18]. Mohammadi H, Karimpour Reihan M. The effect of 1991-2001 droughts on ground water in Neishabour plain. *Desert*. 2008; (12) : 185-197.
- [19]. Javanmard S, Yatagai A, Nodzu M.I, BodaghJamali J and Kawamoto H. Comparing high-resolution gridded precipitation data with satellite rainfall estimates of TRMM_3B42 over Iran. *Advances in Geosciences*. 2010; (25) :119-125.
- [20]. Ghaffari, A. The role of Dryland Agricultural Research Institute in drought mitigation in Iran. *Options Méditerranéennes, A*. 2010; (95): 273-278.
- [21]. Alizadeh A and Kamali G. *Water Use of Plants in Iran*, Astan Quds Publication. 2007.
- [22]. Allen R.G, Pereira L.S, Raes D and Smith M. *Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56*. FAO, Rome.1998; 300(9): p.D05109.
- [23]. SCS, U.S. Soil Conservation Service, *National Engineering Handbook, Hydrology*. 1972.
- [24]. Roshan G. R. and Grab S. W. Regional climate change scenarios and their impacts on water requirements for wheat production in Iran. *International Journal of Plant Production*. 2012; 6(2): 239-266.